

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 38 460.6

**Anmeldetag:** 22. August 2002

**Anmelder/Inhaber:** Airbus Deutschland GmbH, Hamburg/DE

**Bezeichnung:** Leichtbaustruktur aus metallischen Schichtwerkstoffen

**IPC:** B 32 B, F 16 S, B 64 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 15. Juli 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

USPS EXPRESS MAIL  
EV 338 198 371 US  
AUGUST 22 2003

5

## **Leichtbaustruktur aus metallischen Schichtwerkstoffen**

---

Die Erfindung betrifft eine Leichtbaustruktur aus metallischen Schichtwerkstoffen, wobei mindestens zwei Metallschichten durch Klebung miteinander verbunden sind sowie ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Leichtbaustruktur.

Üblicherweise bekannte Leichtbaustrukturen bestehen aus einer Außenhaut, die auf der Innenseite durch eine zweidimensionale Versteifung verstärkt ist. Beispielsweise ist ein Flugzeugrumpf derartig aufgebaut, dessen Außenhaut mit Hilfe von Stringern und Spanten (inklusive Clip) verstärkt wird. Die Versteifungen werden durch Nieten, Kleben oder Schweißen angebracht. Zur lokalen Anpassung, d.h. Verringerung der Hautdicke aus Gewichtsgründen, insbesondere zwischen den Versteifungen - genannt Pocketing -, wird auf mechanische bzw. chemische Fräsverfahren zurückgegriffen.

Aus EP 0 649 373 B1 bzw. US 5,429,326 ist eine Verbundplatte bekannt, die mindestens aus einer ersten und einer zweiten Metallschicht besteht, die mittels einer Klebstoffschicht miteinander verbunden sind. Derartige Metall-Polymer-Lamine sind insbesondere als Leichtbaustrukturen für Flugzeuganwendungen geeignet, da sie vorteilhafte mechanische Eigenschaften bei einem niedrigen strukturellen Gewicht aufweisen. Aufgrund einer begrenzten Breite der zu verbindenden Metallbleche bzw. -folien sind für die Herstellung von Hautfeldern für einen Flugzeugrumpf Verbindungen erforderlich, die mittels einer in der Druckschrift beschriebenen Spleißtechnik realisiert werden können.

Eine lokale Anpassung der Bauteildicke an unterschiedliche Belastungsanforderungen ist hier nicht vorgesehen.

Aus WO 98/53989 A1 ist eine weitere Leichtbaustruktur mit verklebten Metallschichten beschrieben. Es wird eine Verbesserung des nach US 5,429,326 bekannten Spleißkonzepts zur Verbindung von einzelnen Laminat-Verbundplatten zu einem Bauteil vorgeschlagen. Maßnahmen zur lokalen Anpassung der Bauteildicke an Belastungsanforderungen sind hier ebenfalls nicht vorgesehen.

Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, bei einer gattungsgemäßen Leichtbaustruktur gewichtsoptimiert lokale Anpassungen an Belastungsanforderungen vorzunehmen sowie die Schadenstoleranzeigenschaften in Form von Rissfortschritt und Restfestigkeit zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 genannten Maßnahmen gelöst.

Dabei ist insbesondere vorteilhaft, dass durch die Verwendung einer Fachwerkstruktur ein Traganteil von der Versteifungsstruktur übernommen werden kann und eine Entlastung der Versteifung möglich ist. Ein lokales Verringern der Hautdicke zwischen den Versteifungselementen aus Gewichtsgründen wird überflüssig, da generell die Hautdicke verringert werden kann und mit der Fachwerkstruktur lokale Anpassungen an Belastungsanforderungen erfolgen. Darüber hinaus besteht im Gegensatz zu den üblichen Versteifungen keine Einschränkungen bezüglich der Fachwerkgeometrie, so dass in beliebige Richtungen und an beliebigen Orten eine Steifigkeitsanpassung vorgenommen werden kann. Auf diese Weise ist ein optimales Maßschneiden (tailoring) der Hauteigenschaften für eine Rumpfhaut eines Flugzeuges möglich. Es entsteht eine Differentialverbindung, die eine Rissbehinderung ermöglicht für den Fall, dass sich ein Hautriss senkrecht zu der Fachwerkstruktur ausbreitet. Die Fachwerkstruktur überbrückt den Hautriss und sein Wachsen wird behindert bzw. gestoppt.

Weiterbildungen und vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Ansprüchen 2 bis 8 angegeben. Erfindungsgemäße Verfahrensmerkmale sind in den Ansprüchen 9 bis 11 aufgeführt. Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Detailbeschreibung.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt, welches nachstehend anhand der Figuren 1 bis 4 näher beschrieben wird. In den Figuren sind gleiche Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

5 Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung des Schichtaufbaus einer Leichtbaustruktur,  
Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Fachwerkstruktur,  
Fig. 3 das Hautfeld für einen Flugzeugrumpf mit Versteifungselementen in einer schematischen Darstellung und  
-10 Fig. 4 der Schichtaufbau der für das Hautfeld gemäß Fig. 3 verwendeten Leichtbaustruktur.

In der Fig. 1 ist der Schichtaufbau einer Leichtbaustruktur 1 dargestellt. Eine  
15 derartige Leichtbaustruktur 1 ist als Hautfeld für ein Flugzeugstrukturbauteil verwendbar. Während des Designprozesses von Flugzeugstrukturen ist eine Vielzahl von unterschiedlichen Auslegungskriterien zu berücksichtigen (z.B. Deformationsverhalten, statische Festigkeit, Stabilität, Rissinitiierung bzw. -ausbreitung, Restfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit etc.), vor allem jedoch ist eine gewichtsoptimierte  
20 Lösung zu erreichen. Metall-Laminate, die verbesserte mechanische Eigenschaften gegenüber Metallblechen haben und gleichzeitig leichter sind, sind zur Verwendung im Hautbereich eines Flugzeugrumpfes vorteilhaft. Die Leichtbaustruktur 1 ist in der gezeigten Ausführung aus einer ersten und einer zweiten Metallschicht 2 und 3 aufgebaut, die durch Klebung miteinander verbunden sind. Beispielfür die  
25 Werkstoffwahl können Aluminiumlegierungen, Titanlegierungen, Stähle, Kupferlegierungen, Zinklegierungen und Magnesiumlegierungen genannt werden, die jeweils in dünnen Blechen verfügbar sein müssen. Die Metallschichten 2 und 3 liegen in einem Dickenbereich von weniger als 2 mm, bevorzugt sollten sie eine Dicke von 0,5 mm bis 1,5 mm aufweisen. Durch die Anwendung eines derartigen  
30 Schichtaufbaus können unterschiedliche Werkstoffe für die Außenhaut eines Flugzeugrumpfes entsprechend der lokalen Erfordernisse eingesetzt werden. Als Beispiel sei eine korrosionsbeständige Metallschicht an der Oberfläche des

In Fig. 3 ist eine Rumpfstruktur 15 eines Flugzeugrumpfes unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Leichtbaustuktur 1 gezeigt. Die Rumpfhaut 16 besteht aus der ersten und zweiten Metallschicht 2 und 3 sowie der darauf aufgetragenen Fachwerkstruktur 4 mit den Blechlagen 5 und 6. Die auf der Rumpfhaut 16 angeordnete zweidimensionale Versteifung ist gebildet aus Stringern 18 und Spante 19. Die Versteifungselemente werden durch Nieten, Kleben oder Schweißen angebracht. Die Fachwerkstruktur 4 ist mindestens unter den Versteifungselementen 18 und 19 vorhanden, ist aber auch zusätzlich bedarfsweise in freien Hautfeldern 17 zwischen den Versteifungselementen 18 und 19 vorgesehen. Ersichtlich sind in der gezeigten Ausführungsform parallel verlaufende Fachwerkstreben 11 und 12. Die Blechlage 5 weist dafür eine gitterähnliche Struktur auf (unterhalb der Versteifung 18 und 19) sowie weiterhin Fachwerkstreben 11 und 12, die auf den freien Hautfeldern 17 angeordnet sind. Direkt darauf ist die weitere Blechlage 6 mit einer gitterähnlichen Struktur aufgebracht. Sie verläuft unterhalb der Versteifung aus Stringer 18 und Spante 19. Die derartig aufgebaute Fachwerkstruktur 4 übernimmt einen Teil des ursprünglich von den Versteifungen 18 und 19 aufgetragenen Traganteils. Gewichtseinsparungen bei den Versteifungselementen 18 und 19 werden somit zusätzlich ermöglicht.

Die Fachwerkstruktur 4 wird durch Kleben mit den übrigen Metallschichten 2 und 3 verbunden. Für das Verkleben werden handelsübliche Metallkleber wie z.B. Reaktionskleber verwendet, die durch eine chemische Umsetzung ihrer Bestandteile aushärten. Im Vergleich zu faserverstärkten Schichtwerkstoffen ist der Wegfall der relativ teuren Faserlagen ein bedeutsamer Vorteil. Mit dem Kleben erzielt man keine integrale Verbindung und es wird eine Rissbehinderung für den Fall ermöglicht, dass sich ein Hautriss im wesentlichen senkrecht zum Fachwerkarm bzw. zur Fachwerkstrebe ausbreitet. In einem solchen Fall verhindert die Klebeschicht eine direkte Rissausbreitung in der Fachwerkstrebe, welche den Hautriss überbrückt und sein Wachsen behindert bzw. stoppt.

Weiterhin entsteht im Bereich der Fertigung ein vorteilhaftes Einsparpotential, wenn die Leichtbaustuktur 1 in einem Herstellprozess mit den Versteifungen 18

Schichtverbundes genannt, während im Kern besonders leichte, steife, feste oder schadenstolerante Legierungen zum Einsatz kommen können. Die jeweiligen Schichtdicken können den jeweiligen Bedürfnissen entsprechend angepasst werden. Auf diese Weise ist ein optimales Maßschneiden (tailoring) der Hauteigenschaften möglich. Ergänzt wird dieser Schichtaufbau durch eine zusätzliche Fachwerkstruktur 4 aus mindestens einer Blechlage 5, die auf die innere Metallschicht 3 aufgebracht wird. In der gezeigten Ausführungsform sind zwei gitterähnliche Blechlagen 5 und 6 vorgesehen. Die Dicken der Blechlagen 5 und 6 liegen in einem Bereich von weniger als 2 mm, bevorzugt sollten sie eine Dicke von 0,5 mm bis 1,5 mm aufweisen. Auf diese Blechlagen 5 und 6 ist es für die Verwendung der Leichtbaustuktur 1 vorgesehen, eine zweidimensionale Versteifung aufzubringen (siehe Fig. 3). Beispielsweise ist eine Rumpfstruktur eines Flugzeuges derartig aufgebaut, dessen Außenhaut mit Hilfe von Stringern und Spanten (inklusive Clip) als Versteifung verstärkt wird.

In Fig. 2 ist die Fachwerkstruktur 4 in einer Draufsicht ersichtlich. Wie nachfolgend in Fig. 3 gezeigt ist, die Fachwerkstruktur 4 mindestens unter den Versteifungen vorhanden; kann aber auch zusätzlich im freien Hautfeld aufgebracht werden. Die Verwendung einer Fachwerkstruktur 4 mit mindestens einer Blechlage 5 kann zur Entlastung der Versteifung genutzt werden und macht das lokale Pocketing, d.h. die lokale Verringerung der Hautdicke zwischen den Versteifungselementen aus Gewichtsgründen, überflüssig. Darüber hinaus besteht im Gegensatz zu den üblichen Versteifungen keine Einschränkung bezüglich der Fachwerkgeometrie, so dass in beliebige Richtungen (z.B. diagonal zwischen den Versteifungen) und an beliebigen Orten (z.B. auch zwischen den Versteifungen) eine Steifigkeitsanpassung vorgenommen werden kann. Ausführungsformen von Fachwerkgeometrien sind am Beispiel der Blechlage 5 gezeigt, wobei vorzugsweise eine gitterähnliche Struktur vorliegt, die im wesentlichen der Versteifungsgeometrie entspricht. Darüber hinaus kann diese Struktur ergänzt sein durch diagonale Fachwerkstreben 10 (Bereich 7) zwischen den Kreuzungspunkten des Gitters 5 oder durch parallel zu den Versteifungselementen verlaufende Fachwerkstreben 11 und 12 (Bereich 8 und 9).

und 19 geklebt wird. Eine weitere vorteilhafte Ausbildung kann die Kombination von Herstellverfahren sein, beispielsweise erfolgt ein Verkleben der Stringer 18 mit der Rumpfhaut 16 gemeinsam mit der Leichtbaustruktur 1. Das Verbinden der Spante 19 ist dann in einem nächsten Verfahrensschritt durch übliche Methoden, wie

5   Nieten möglich.

In Fig. 4 ist in einer perspektivischen Ansicht noch einmal der Schichtaufbau der in Fig. 3 verwendeten Leichtbaustruktur 1 gezeigt. Ersichtlich ist die Ausbildung der Fachwerkstruktur 4, bestehend aus den Blechlagen 5 und 6, die mit den Metallble-

10   -chen 2 und 3 verbunden wird. Aufgrund der möglichen Flexibilität der Geometrien der Fachwerkstruktur 4, der Auswahl der Schichtdicken sowie der Materialauswahl für die Schichten kann ein optimiertes Anpassen der Eigenschaften an die Anforderungen einer Flugzeugrumpfstruktur 15 erfolgen. Beispielsweise ist es in einer weiteren Ausführungsform auch möglich, unter Beibehaltung der gitterähnlichen

15   Blechlage 5 die innere Blechlage 6 anforderungsgemäß mit Blechstreifen als längs- oder querverlaufende Streben auszubilden (nicht gezeigt).

**Bezugszeichenliste**

	1	-	Leichtbaustruktur
	2	-	erstes Metallblech
5	3	-	zweites Metallblech
	4	-	Fachwerkstruktur
	5	-	erste gitterähnliche Metallschicht (Blechlage)
	6	-	zweite gitterähnliche Metallschicht (Blechlage)
10	7	-	erster Bereich einer Blechlage
	8	-	zweiter Bereich einer Blechlage
	9	-	dritter Bereich einer Blechlage
	10	-	diagonale Fachwerkstreben
	11	-	parallel verlaufende Fachwerkstreben (in Längsrichtung)
15	12	-	parallel verlaufende Fachwerkstreben (in Querrichtung)
	15	-	Rumpfstruktur eines Flugzeuges
	16	-	Rumpfhaut
20	17	-	freies Hautfeld zwischen Versteifungen
	18	-	Stringer
	19	-	Spante
25			

5

### Patentansprüche

- 10 1. Leichtbaustruktur aus metallischen Schichtwerkstoffen, wobei mindestens eine erste und eine zweite Metallschicht (2, 3) durch Klebung miteinander verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- eine Fachwerkstruktur (4) aus mindestens einer gitterähnlichen Metallschicht (Blechlagen 5, 6) gebildet ist, die auf den vollständigen Lagen von Metallschichten
- 15 (2,3) angeordnet ist.
2. Leichtbaustruktur nach Anspruch 1, welches ein Hautfeld (16) für einen Flugzeugrumpf (15) bildet und auf der Innenseite des Hautfeldes Versteifungselemente (18, 19), wie Stringer und Spante vorgesehen sind, **dadurch gekennzeichnet,**
- 20 **dass** die Fachwerkstruktur (4) auf der Innenseite des Hautfeldes angeordnet ist und mindestens teilweise unterhalb der Versteifungselemente (18, 19) verläuft.
3. Leichtbaustruktur nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- 25 die Fachwerkstruktur (4) nach belastungsabhängigen Kriterien zur Steifigkeitserhöhung auf dem freien Hautfeld (17) angeordnet ist, wobei die Fachwerkgeometrie entweder parallel (Fachwerkstreben 11, 12) zu den Versteifungselementen (18, 19) oder in beliebige Richtungen, beispielsweise diagonal (Fachwerkstrebe 10) zwischen Kreuzungspunkten der Versteifungselemente (18, 19), verläuft.
- 30 4. Leichtbaustruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die innere Blechlage (6) der Fachwerkstruktur (4) aus streifenförmigen Blechlagen gebildet ist.

5. Leichtbaustruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fachwerkstruktur (4) durch Kleben mit den übrigen Metallschichten (2, 3) verbunden ist.
- 5 6. Leichtbaustruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Metallschichten (2, 3) sowie die Blechlagen (5, 6) der Fachwerkstruktur (4) jeweils eine Dicke von weniger als 2 mm aufweisen.
- 10 7. Leichtbaustruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Metallschichten (2, 3) sowie die Blechlagen (5, 6) der Fachwerkstruktur (4) jeweils eine Dicke von 0,5 mm bis 1,5 mm aufweisen.
- 15 8. Leichtbaustruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material der Metallschichten (2, 3) sowie der Fachwerkstruktur (4) aus einer Gruppe von Materialien auswählbar ist, die Aluminiumlegierungen, Titanlegierungen, Stahllegierungen, Kupferlegierungen, Zinklegierungen und Magnesiumlegierungen umfasst.
- 20 9. Verfahren zur Herstellung einer Leichtbaustruktur nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Blechlage (5,6) der Fachwerkstruktur (4) mit den Metallschichten (2, 3) verklebt wird.
- 25 10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf die Fachwerkstruktur (4) zumindest teilweise die Versteifungsstruktur (18, 19) geklebt wird.
- 30 11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verklebung in einem Herstellprozess durchgeführt wird.

### Zusammenfassung

Bei einer Leichtbaustruktur aus metallischen Schichtwerkstoffen ist mindestens eine erste und eine zweite Metallschicht durch Klebung miteinander verbunden.

- 5 Es besteht das Problem, gewichtsoptimiert an der Leichtbaustruktur lokale Anpassungen an Belastungsanforderungen vorzunehmen sowie die Schadenstoleranzeigenschaften in Form von Rissfortschritt und Restfestigkeit zu verbessern. Das Problem wird dadurch gelöst, dass eine Fachwerkstruktur aus mindestens einer gitterähnlichen Metallschicht gebildet ist, die auf den vollständigen Lagen von
- 10 Metallschichten angeordnet ist.

Durch die Verwendung einer Leichtbaustruktur mit einer derartigen Fachwerkstruktur für ein Hautfeld eines Flugzeuges kann ein Traganteil von der Versteifungsstruktur übernommen werden und es ist eine Entlastung der Versteifung möglich. Mit der Fachwerkstruktur können lokale Anpassungen an Belastungsanforderungen

15 erfolgen. Auf diese Weise ist ein optimales Maßschneiden (tailoring) der Hauteigenschaften für eine Rumpfhaut eines Flugzeuges möglich.

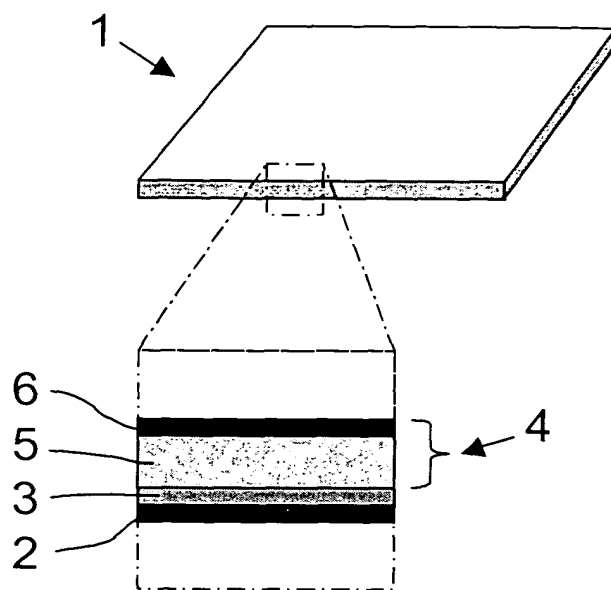


Fig. 1

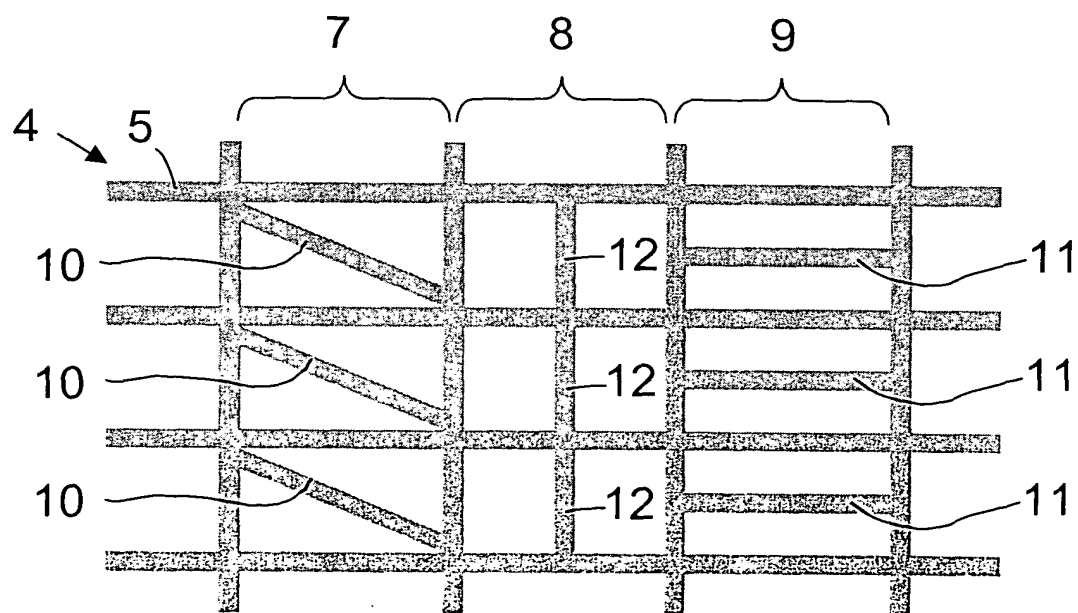
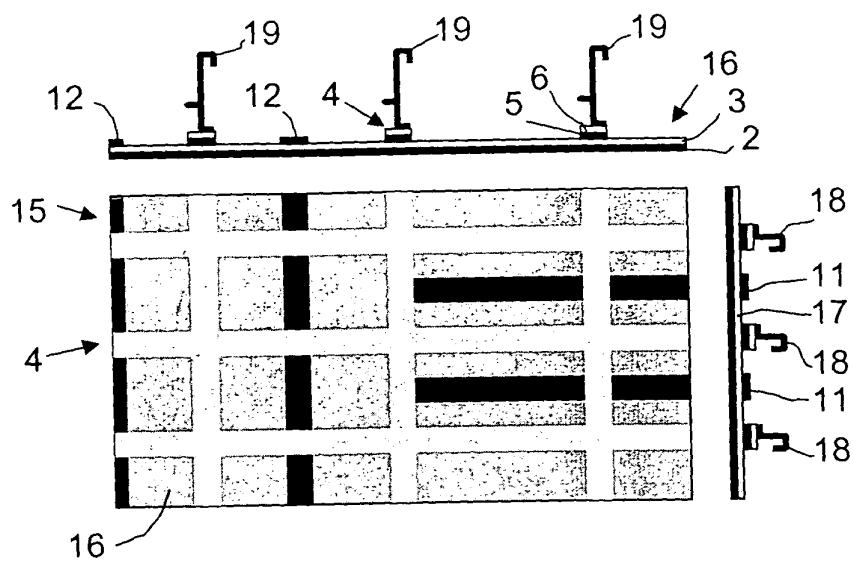
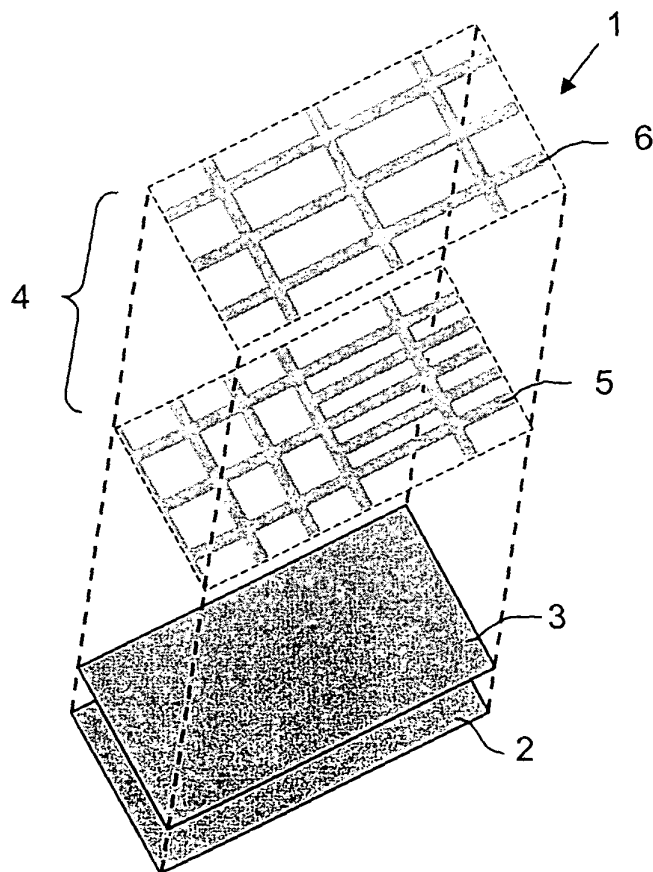


Fig. 2

**Fig. 3****Fig. 4**



Creation date: 08-29-2003  
Indexing Officer: ARAHMANYAR - ABDUL RAHMANYAR  
Team: OIPE Scanning  
Dossier: 10646338

Legal Date: 08-22-2003

No.	Doccode	Number of pages
1	TRNA	2
2	SPEC	42
3	CLM	152
4	ABST	1
5	DRW	13

Total number of pages: 210

Remarks:

Order of re-scan issued on .....